

3. Рождение уединенных вихрей при обтекании мелких сферических углублений / П.Р. Громов, А.Б. Зобнин, М.И. Рабинович, М.М. Сущик. Письма в ЖТФ. Т. 12. Вып. 21. 1986. С. 1323–1328.

4. Исаев С.А., Леонтьев А.И., Пышный И.А. Вихревая интенсификация теплообмена при обтекании траншейных и луночных рельефов (численное моделирование) // XXVII Сибирский теплофизический семинар СТС–XXVII. Статья № 058. Москва–Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН. 2004. 103 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ НА ОСНОВЕ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА ГОТОВОГО ПРОДУКТА

Дерман В.С., Федоров С.С., Дворецкий Д.С., Толстопят О.А.

*Национальная Металлургическая Академия Украины (НМетАУ),
г. Днепрпетровск, Украина*

Значительная часть промышленной продукции проходит стадию высокотемпературной обработки исходного сырья при температурах от 1000 до 3000 °С в печах плотного или кипящего слоя [1; 2]. В зависимости от технологии готовый продукт часто имеет соответствующий тепловой потенциал, утилизация которого представляет определенные трудности [3].

Перспективным направлением использования физической теплоты готового продукта является применение замкнутой технологической схемы, когда теплота идет на нагрев исходного сырья [3].

Выбор конструкции такого утилизатора теплоты определяется целым рядом факторов: рабочей температурой в печи, фракционным составом материала, физическими свойствами сырья и готового продукта, а также техническими условиями промышленной площадки. Например, для материалов крупностью от 10 мм и выше целесообразно применение для решения этой задачи аппаратов на основе плотного слоя; для частиц 0,5–5 и < 100 мкм соответственно кипящего и взвешенного.

Применительно к высокотемпературным печам кипящего слоя для обработки частиц углеродного материала практическая реализация схемы утилизации теплоты возможна на основе контактных теплообменников – аппаратов кипящего слоя с промежуточным инертным теплоносителем в виде азота. Азот поступает в холодильник готового продукта, где нагревается, охлаждая готовый продукт, и затем, направляется в верхний теплообменник, где нагревает исходное сырье.

Целью данной работы явилось исследование тепловой эффективности использования таких утилизаторов теплоты.

Как известно эффективный теплообмен обеспечивает противоточное движение теплоносителей. Основной проблемой использования аппаратов кипящего слоя в качестве утилизаторов теплоты является наличие идеального прямотока, когда температуры теплоносителей на выходе равны. В результате интенсивного перемешивания в объеме камеры устанавливается одинаковая температура материала, а изменяется только лишь температура газов по направлению их движения. При чем из-за развитой поверхности дисперсных частиц ($1000\text{--}24000\text{ м}^2/\text{м}^3$) это изменение наблюдается на незначительном начальном участке восхождения газового потока.

В случае аппаратов кипящего слоя противоточная схема движения достигается на основе так называемых секционных каскадных схем (рис. 1), где материал проходит последовательно несколько температурных камер. Переход из одной камеры в другую осуществляется через специальные переливные патрубки, так как кипящий слой ведет себя аналогично жидкой среде. С увеличением числа секций секционного теплообменника схема приближается к классическому противотоку.

В соответствии с целями и задачами была разработана математическая модель такого утилизатора, которая включала уравнения теплопередачи и теплового баланса, а также зависимости по определению гидравлических характеристик кипящего слоя.

При исследовании влияния количества секций на эффективность работы утилизатора была получена зависимость температур нагрева газа и материала (табл. 1) для заданной температуры термообработки 2700 °С.

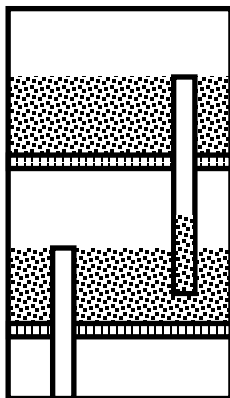


Рис. 1. Схема одной ступени секционного аппарата

Таблица 1

Зависимость температур нагрева газа и материала от количества секций

Параметр	Варианты компоновки утилизатора теплоты (количество нижних секций : количество верхних секций)									
	1:1	1:3	2:2	3:1	4:2	3:3	2:4	5:3	4:4	3:5
Температура нагрева инертного газа, °С	1525	2064	1911	1525	1911	2064	2132	2064	2132	2164
Температура нагрева материала, °С	619	856	1000	845	1115	1173	1124	1227	1253	1234

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что наиболее приемлемой комбинацией числа секций теплоутилизационных аппаратов является одинаковое количество верхних и нижних камер, что обеспечивает наибольшую степень подогрева сырья, а, следовательно, и экономию энергии. На основании этого было определено, что наиболее эффективными являются теплообменники с количеством секций от 2:2 до 4:4. Схема 1:1 малоэффективна с точки зрения экономии энергоресурсов. Переход от схемы 4:4 к компоновке 5:5 дает незначительный прирост в экономии энергии в основном технологическом процессе (табл. 2).

Таблица 2

Экономия энергозатрат

Число верхних и нижних секций	Экономия энергии, %
1:1	22,9
2:2	37,0
3:3	43,4
4:4	46,4
5:5	47,8

Для повышения эффективности работы слоевых печей кипящего слоя целесообразно использование утилизаторов теплоты в виде секционных каскадных теплообменников, обеспечивающих подогрев готового продукта.

Проведены исследования влияния количества секций на эффективность работы такого утилизатора при рабочей температуре основного технологического процесса 2700 °С. Согласно полученным результатам оптимальным можно считать утилизаторы с компоновкой секций по схеме 2:2, 3:3, 4:4.

Список использованных источников

1. Тодес О.М., Цитович О.Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем: гидравлические и тепловые основы работы. Л.: Химия, 1981. 296 с., ил.
2. Бородуля В.А. Высокотемпературные процессы в электротермическом кипящем слое. Минск: Наука и техника, 1973. 176 с.
3. Розенгарт Ю.И., Якобсон Б.И., Мурадова З.А. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование. Киев: Выпашк., 1988. 328 с.

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ СКОРОСТИ ОКИСЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ НАКЛАДОК ПРИ НАГРЕВЕ ПОД ЗАКАЛКУ

Дружинин Г.М., Самойлович Ю.А., Попов Е.В.

*ОАО «Научно–исследовательский институт металлургической теплотехники»,
г. Екатеринбург, Россия*

На Нижнесалдинском металлургическом заводе (НСМЗ) запущено производство рельсовых накладок, являющихся одним из основных элементов верхнего строения железнодорожного пути.

Нагрев рельсовых накладок перед закалкой осуществляется в толкательной печи проходного типа – двухручьевого с верхним и нижним нагревом металла. Рельсовые накладки длиной от 500 до 1000 мм перемещаются по направляющим из жаропрочной стали, установленным на поперечных перегородках из шамотного кирпича. Печь отапливается природным газом с использованием скоростных рекуперативных горелок типа REKUMAT M300 и REKUMAT M250 производства фирмы WS (Германия). Установленная тепловая мощность печи – 1500 кВт, полная производительность печи – до 5 тонн в час.

После ввода нагревательной печи в эксплуатацию выявлена нежелательная тенденция к избыточному прогреву рельсовых накладок, который сопровождается усиленным окалинообразованием. В результате на выходе из нагревательной печи наблюдается слипание между собой соседних накладок, что приводит к частичной отбраковке продукции и нарушению ритмичной работы технологического комплекса.

В связи с этим возникла необходимость определения рациональных режимов работы нагревательной печи с пониженным окалинообразованием. Решение этой задачи расчетным путем нуждается в наличии адекватной математической модели процесса нагрева в печи рельсовых накладок.

Определение поля температур в нагреваемой накладке основано на численном решении уравнения нестационарной теплопроводности

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T) + Q(x, y, z, t) \quad (1)$$

при задании начального условия

$$T(t_0) = T_0 \quad (2)$$

Граничные условия на поверхности заготовки учитывают совместный теплообмен излучением и конвекцией [1].